# содержание

[содержание 0](#_Toc217923640)

[Введение 6](#_Toc217923641)

[1. планирование 7](#_Toc217923642)

[1.1 Сервисы и прикладное программное обеспечение 7](#_Toc217923643)

[1.1.1. Определение классов прикладного программного обеспечения 7](#_Toc217923644)

[1.1.2. Определение экземпляров прикладного программного обеспечения 9](#_Toc217923645)

[1.2. Определение количества пользователей ППО 11](#_Toc217923646)

[1.3. Определение системных требований ППО 12](#_Toc217923647)

[1.4. Определение системных требований СПО 13](#_Toc217923648)

[1.4.1. Операционные системы 13](#_Toc217923649)

[1.4.2. Системы контейнеризации 13](#_Toc217923650)

[1.4.3. Программное обеспечение для автоматизации процесса развертывания и конфигурации ПО 14](#_Toc217923651)

[1.4.4. Система мониторинга 14](#_Toc217923652)

[1.5. Анализ применения облаков для развертывания сервисов 15](#_Toc217923653)

[2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ 18](#_Toc217923654)

[2.1. Формирование набора ВМ для развертывания 18](#_Toc217923655)

[2.2. Выбор системы виртуализации 20](#_Toc217923656)

[2.3. Требования к вычислительной инфраструктуре 20](#_Toc217923657)

[2.3.1. Количество вычислительных узлов и их характеристики 21](#_Toc217923658)

[2.3.2 Требования к узлу мониторинга 22](#_Toc217923659)

[2.4. Требования по хранению данных вычислительный инфраструктуры 22](#_Toc217923660)

[2.4.1. Требования к хранению данных виртуальных машин и контейнеров 23](#_Toc217923661)

[2.4.2. Требования к хранению вспомогательных данных инфраструктуры 23](#_Toc217923662)

[2.5. Требования к сетевой инфраструктуре 24](#_Toc217923663)

[2.5.1. Сеть вычислительного кластера 24](#_Toc217923664)

[2.6. Описание оборудования 25](#_Toc217923665)

[2.6.1 Серверное оборудование 25](#_Toc217923666)

[2.6.2 Сетевое оборудование 26](#_Toc217923667)

[Реализация 29](#_Toc217923668)

[3.1 Развертывание среды виртуализации 29](#_Toc217923669)

[3.2 Сетевая топология 34](#_Toc217923670)

[3.3 Система хранения данных 39](#_Toc217923671)

[3.4 Подготовка шаблонов виртуальных машин для развертывания 44](#_Toc217923672)

[3.5 Развертывание сервисов организации 46](#_Toc217923673)

[3.6 Настройка отказоустойчивости и резервного копирования 60](#_Toc217923674)

[3.7 Развертывание системы мониторинга 60](#_Toc217923675)

[Заключение 65](#_Toc217923676)

[СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ 66](#_Toc217923677)

# Введение

В рамках данной курсовой работы рассматривается процесс проектирования виртуальной вычислительной инфраструктуры (ВВИ) как ключевого объекта исследования. Работа выполняется на примере компании – провайдера облачных решений для хранения и обработки больших данных.

Структура работы соответствует основным этапам создания ИТ-инфраструктуры и включает три части: планирование, проектирование и реализация. Центральное внимание уделяется этапу реализации, в ходе которого детальная техническая спецификация преобразуется в развернутую инфраструктуру.

В рамках реализации в данной курсовой работе выполнено развертывание среды виртуализации на базе Proxmox VE, произведена настройка вычислительных кластеров внешнего и внутреннего контуров, реализована сетевая топология с разделением трафика по функциональным подсетям, а также организована система хранения данных с использованием сетевых протоколов iSCSI и NFS. Особое внимание уделено подготовке шаблонов виртуальных машин, обеспечивающих унифицированное и воспроизводимое развертывание сервисов.

На этапе реализации были установлены и сконфигурированы ключевые прикладные сервисы, обеспечивающие хранение и обработку больших данных, включая объектное хранилище MinIO, аналитическую СУБД ClickHouse и распределённую вычислительную платформу Apache Spark. Дополнительно выполнена настройка механизмов отказоустойчивости и резервного копирования виртуальных машин, что позволяет обеспечить сохранность данных и непрерывность работы сервисов.

Результатом этапа реализации является функционирующая виртуальная вычислительная инфраструктура, готовая к эксплуатации и соответствующая требованиям по производительности, отказоустойчивости и масштабируемости.

# 1. планирование

## 1.1 Сервисы и прикладное программное обеспечение

Пункт планирования заключается в выявлении перечня требований к инфраструктуре обработки и передачи данных на основе исследуемых процессов компании.

### 1.1.1. Определение классов прикладного программного обеспечения

Основываясь на изначальном описании компании и перечне её бизнес-процессов необходимо определить требуемый перечень разворачиваемого прикладного программного обеспечения (ППО) для автоматизации каждого из бизнес-процессов. Выбираемое ПО должно разворачиваться на серверной инфраструктуре.

В данной работе рассматривается компания по предоставлению облачных решения для хранения и обработки больших данных.

Ключевые бизнес-процессы:

1. **Разработка облачных сервисов** – создание и поддержка облачных платформ для хранения данных.

Данные: 5 ГБ на задачу, 30 задач в месяц.

1. **Обработка больших данных** – аналитика и обработка данных для клиентов.

Данные: 10 ГБ на задачу, 50 задач в месяц.

Количество сотрудников:

* Разработка: 150
* Аналитика: 80

Ключевым этапом планирования является анализ деятельности предприятия для определения всех необходимых классов программного обеспечения для автоматизации каждого бизнес-процесса. Перечень требуемых классов ПО представлен в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Перечень требуемых классов ПО

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование БП** | **Класс ПО** |
| Разработка облачных сервисов | Серверное и связующее программное обеспечение |
| Средства управления базами данных |
| Обработка больших данных | Средства хранения данных |
| Средства управления базами данных |
|  | Средства обеспечения облачных и распределённых вычислений |

### 1.1.2. Определение экземпляров прикладного программного обеспечения

Необходимым этапом является выбор и сравнение конкретных экземпляров программного обеспечения, основанного на выборе в классах. Рассматриваемое ПО указано в Таблицах 1.2-1.7.

*Таблица 1.2 – Перечень характеристик ПО часть 1*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **Функциональные возможности** | **Способ развертывания** | **Лицензия** | **Поддержка** | **ОС** |
| NGINX | HTTP reverse proxy, TLS, caching, rate limiting, ingress | On-premise (пакеты  ), Cloud (контейнеры) | OpenSource (BSD-like) | NGINX Inc., сообщество | Linux, Windows, macOS, веб |
| HAProxy | Высокопроизводительный L4/L7 балансировщик, health checks | On-premise (пакеты  ), Cloud (контейнеры) | OpenSource (GPLv2) | Сообщество, коммерческая от HAProxy Technologies | Linux, веб |

*Таблица 1.3 – Перечень характеристик ПО часть 2*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **Функциональные возможности** | **Способ развертывания** | **Лицензия** | **Поддержка** | **ОС** |
| PostgreSQL | Реляционная БД, репликация, расширения, сильная консистентность | On-premise (пакеты, контейнеры), Cloud | OpenSource (PostgreSQL License) | Сообщество, коммерческая от EnterpriseDB, 2ndQuadrant | Linux, Windows, macOS |
| MariaDB | MySQL-совместимая СУБД, репликация | On-premise (пакеты, контейнеры), Cloud | OpenSource (GPLv2) | MariaDB Foundation, сообщество | Linux, Windows, macOS |

*Таблица 1.4 – Перечень характеристик ПО часть 3*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **Функциональные возможности** | **Способ развертывания** | **Лицензия** | **Поддержка** | **ОС** |
| Ceph | RADOS (объект/блок/FS), масштабируемое, интегрируется с Proxmox | On-premise (отдельные узлы, контейнеры), Cloud | OpenSource (LGPL/Apache) | Сообщество, коммерческая от Red Hat (Ceph Storage) | Linux |
| MinIO | S3-совместимое объектное хранилище, высокопроизводительное | On-premise (контейнеры, бинарники), Cloud | OpenSource (Apache 2.0) | MinIO Inc., сообщество | Linux (официально), Windows (ограниченно), macOS (разработка), веб |

*Таблица 1.5 – Перечень характеристик ПО часть 4*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **Функциональные возможности** | **Способ развертывания** | **Лицензия** | **Поддержка** | **ОС** |
| ClickHouse | Колонковая СУБД для OLAP, очень быстрые агрегаты | On-premise (пакеты, контейнеры, кластер), Cloud | OpenSource (Apache 2.0) | ClickHouse Inc., Yandex, сообщество | Linux, веб |
| PostgreSQL | Реляционная БД, репликация, расширения, сильная консистентность | On-premise (пакеты, контейнеры), Cloud | OpenSource (PostgreSQL License) | Сообщество, коммерческая от EnterpriseDB, 2ndQuadrant | Linux, Windows, macOS |

*Таблица 1.6 – Перечень характеристик ПО часть 5*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **Функциональные возможности** | **Способ развертывания** | **Лицензия** | **Поддержка** | **ОС** |
| Apache Spark | In-memory обработка, MLlib, streaming | On-premise (YARN/standalone, контейнеры), Cloud | OpenSource (Apache 2.0) | Apache Software Foundation, сообщество, коммерческая от Databricks | Linux, Windows, macOS; веб |
| Apache Hadoop | HDFS + MapReduce/YARN — классический стек | On-premise (отдельные узлы, контейнеры), Cloud | OpenSource (Apache 2.0) | Apache Software Foundation, сообщество, коммерческая от Cloudera, Hortonworks | Linux (основная), Windows (ограниченно через Cygwin), macOS (разработка), веб |

## 1.2. Определение количества пользователей ППО

Программное обеспечение может быть предназначено для двух видов пользователей: внутренних — сотрудники компании, участвующие в обеспечении реализуемого бизнес-процесса; внешние — клиенты или контрагенты компании, которые пользуются предоставляемыми компанией сервисами. В рамках выполнения курсовой работы количество внешних пользователей рассматривается как: Физические лица — 100 клиентов к 1 сотруднику, задействованному в реализации бизнес-процесса.

Необходимо определить количество пользователей для каждого из выбранного прикладного ПО. Стоит учитывать, что внешние пользователи будут присутствовать не в каждом из рассматриваемых бизнес-процессов.

Количество пользователей для каждого ПО представлено в Таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Количество пользователей ПО

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **Количество внутренних пользователей** | **Количество внешних пользователей** |
| NGINX | 150 | 0 |
| PostgreSQL | 150 | 0 |
| MinIO | 80 | 8000 |
| ClickHouse | 80 | 8000 |
| Apache Spark | 80 | 8000 |

## 1.3. Определение системных требований ППО

Поскольку одной из задач планирования является выявление перечня требований к вычислительной инфраструктуре, необходимо определить системные требования программного обеспечения, которое будет разворачиваться на этой вычислительной инфраструктуре. Каждое программное обеспечение имеет минимальные системные требования к своему развертыванию. Они позволяют судить о потребностях в аппаратном обеспечении при небольших нагрузках на систему, однако, любое программное обеспечение в действительности может потреблять большее количество ресурсов при активных действиях пользователей.

Итоговые требования приведены в Таблице 1.9.

*Таблица 1.9 – Системные требования прикладного ПО*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **СХД** | **Сеть** | **ГП** | **Формат развертывания/**  **используемая ОС** |
| Proxmox VE | 2.5 ГГц  9 ядер  поддержка Intel VT-x / AMD-V | 17 ГБ | 100 ГБ | 500 ГБ | 1 Гбит/с | - | Bare Metal / Debian 13 |
| NGINX | 2.5 ГГц  2 ядра | 4 ГБ | 100 ГБ | - | 1 Гбит/с | - | VM / Debian 13 |
| PostgreSQL | 2.5 ГГц  23 ядер | 64 ГБ | 350 ГБ | 582 ГБ | 1 Гбит/с | - | VM / Debian 13 |
| MinIO | 2.5 ГГц  9 ядер | 34 ГБ | 100 ГБ | 3000 ГБ | 10 Гбит/с | - | VM / Debian 13 |
| ClickHouse | 2.5 ГГц  17 ядер | 34 ГБ | 50 ГБ | 1000 ГБ | 10 Гбит/с | - | VM / Debian 13 |
| Apache Spark (Master) | 2.5 ГГц  9 ядер | 34 ГБ | 50 ГБ | 205 ГБ | 10 Гбит/с | - | VM / Debian 13 |
| Apache Spark (Worker) | 2.5 ГГц  17 ядер | 68 ГБ | 100 ГБ | 10 Гбит/с | - | VM / Debian 13 |

## 1.4. Определение системных требований СПО

### 1.4.1. Операционные системы

В качестве базовой операционной системы для хостов гостевых систем выбрана Debian 13. Требования к ОС представлены в Таблице 1.10.

### 1.4.2. Системы контейнеризации

Для развертывания изолированных сред планируется использование виртуальных машин (ВМ). Управление ВМ будет осуществляться с помощью платформы виртуализации, выбор которой будет обоснован на этапе проектирования. Для развертывания некоторых компонентов ПО (например, MinIO) внутри виртуальных машин может использоваться Docker.

### 1.4.3. Программное обеспечение для автоматизации процесса развертывания и конфигурации ПО

Для автоматизации развертывания виртуальных машин, базовой настройки операционных систем (Debian 13), развертывания и конфигурации служебного ПО (Docker, Prometheus, Grafana) будет использоваться Ansible. Выбор обусловлен его широкой распространенностью, богатой экосистемой готовых ролей, декларативным синтаксисом на основе YAML и наличием модулей для управления конфигурациями операционных систем и ПО.

Контрольный узел Ansible будет развернут в виде отдельной виртуальной машины. Его системные требования определены на основе оценки количества управляемых хостов (до 10 узлов) и сложности playbook.

### 1.4.4. Система мониторинга

Одним из обязательных компонентов системы виртуализации является система мониторинга. Задачами системы мониторинга является сбор метрик и журналов с узлов вычислительной инфраструктуры, их последующее хранение, анализ и визуализация.

Для инфраструктуры, основанной на Proxmox VE, и виртуальных машинах с open-source ПО, более предпочтительной является связка Prometheus + Grafana.

Системные требования для компонентов мониторинга также приведены в Таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Системные требования системного ПО

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** |
| Debian 13 | 1 ГГц  1 ядро | 1 ГБ | 10 ГБ |
| Docker Engine (внутри ВМ) | ресурсы ВМ | ресурсы ВМ | 1 ГБ |
| Ansible | 2 ГГц  1 ядро | 2 ГБ | 20 ГБ |
| Prometheus Server | 2 ГГц  2 ядра | 8 ГБ | 200 ГБ |
| Grafana | 2 ГГц  1 ядро | 4 ГБ | 20 ГБ |

Система мониторинга должна собирать метрики, представленные в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Используемые метрики

|  |  |
| --- | --- |
| **Метрика** | **Описание** |
| proxmox\_node\_cpu\_usage\_percent | Загрузка CPU физических узлов Proxmox: Критичная метрика для планирования миграции ВМ и балансировки нагрузки. Значения выше 80% указывают на необходимость масштабирования кластера. |
| proxmox\_node\_memory\_usage\_percent | Использование оперативной памяти на хостах виртуализации: Позволяет контролировать общую доступность памяти для создания новых виртуальных машин и предотвращает oversubscription ресурсов. |
| node\_filesystem\_usage\_percent{mountpoint="/var/lib/vz"} | Заполнение основного хранилища Proxmox: Контроль свободного места для образов ВМ, контейнеров и снапшотов. Превышение 85% требует очистки или расширения хранилища. |
| minio\_cluster\_nodes\_offline\_total | Состояние распределенного хранилища. Количество недоступных нод. Гарантирует доступность данных клиентов. |
| postgresql\_connections{state="active"} | Количество активных подключений к PostgreSQL: Показывает текущую нагрузку на СУБД метаданных. Превышение лимита max\_connections приведет к отказу новых подключений. |
| clickhouse\_query\_duration\_seconds | Время выполнения запросов в ClickHouse: Ключевая метрика производительности аналитического сервиса. Рост значений сигнализирует о необходимости оптимизации запросов или масштабирования кластера. |
| spark\_executor\_memory\_used | Использование памяти executor'ами Spark: Контроль потребления памяти воркерами. Помогает выявить утечки памяти и оптимизировать настройки spark.executor.memory для предотвращения спиллов на диск. |

## 1.5. Анализ применения облаков для развертывания сервисов

В рамках данного анализа рассматриваются ведущие отечественные облачные платформы, соответствующие требованиям импортозамещения и обеспечения суверенитета данных. Критерии сравнения выбраны таким образом, чтобы оценить не только базовую возможность размещения виртуальных машин, но и комплексные условия эксплуатации, напрямую влияющие на стабильность, безопасность и итоговую стоимость владения разворачиваемыми сервисами.

Для сравнения выбраны четыре провайдера: Selectel, VK Cloud, Yandex Cloud и Timeweb. Данные провайдеры представляют разные сегменты рынка — от классических облачных платформ до провайдеров с сильным акцентом на аренду выделенных мощностей и виртуального хостинга, что позволяет сделать всесторонний вывод. Сравнение представлено в Таблице 1.12.

*Таблица 1.12 – Сравнение облачных провайдеров*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Критерий** | **Selectel** | **VK Cloud** | **Yandex Cloud** | **Timeweb** |
| Необходимые сервисы | ВМ, Объектное хранилище (S3), Managed K8s, Балансировщик нагрузки, Приватные сети (VPC) | ВМ, Объектное хранилище, Managed PostgreSQL/ClickHouse, Балансировщик, AI/ML платформа | ВМ, Объектное хранилище, Managed PostgreSQL/ClickHouse, Yandex Managed Service for Apache Kafka®, Балансировщик, Yandex Query | ВМ, Облачные серверы, Объектное хранилище, Балансировщик, Хостинг |
| Безопасность и надежность | ЦОДы Tier III, DDoS-защита, ISO 27001 | ЦОДы Tier III, DDoS-защита, ISO 27001, соответствие 152-ФЗ | ЦОДы Tier III, DDoS-защита, соответствие 152-ФЗ, GDPR | Собственные ЦОДы, DDoS-защита, резервирование каналов |
| Производительность | Intel Xeon Gold, AMD EPYC, NVMe SSD, сеть до 100 Гбит/с | Intel Xeon, AMD EPYC, локальные и сетевые SSD, сеть до 25 Гбит/с | Intel Xeon, AMD EPYC, локальные SSD, сетевые SSD, сеть до 100 Гбит/с | Intel Xeon, SSD-диски, пропускная способность до 1 Гбит/с (безлимит на тарифах) |
| Поддержка | Техническая поддержка 24/7, ticketing, телефон, чат | Техническая поддержка 24/7, ticketing, телефон, чат, перс. менеджер (корп.) | Техническая поддержка 24/7, документация, форум, чат, тикеты, телефон | Техническая поддержка 24/7, тикет-система, чат, телефон |
| Резервное копирование | Управляется клиентом, snapshot ВМ, услуги бэкапов (доп.) | Snapshot ВМ, бэкапы managed-сервисов | Snapshot ВМ, автоматические бэкапы managed СУБД, политики хранения | Snapshot ВМ, бэкапы по расписанию (на некоторых тарифах) |
| Уровень SLA | 99.9% | 99.95% | 99.9% | 99.98% |

*Продолжение таблицы 1.12*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Расположение ЦОДов | Москва, Санкт-Петербург | Москва, Казахстан | Москва, Владимир, Калуга, Рязань | Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Казахстан, Нидерланды, Германия |
| Тарификация | Почасовая, месячная, фиксированные тарифы, проектное ценообразование | Почасовая, месячная, скидки при постоянном использовании | Почасовая, месячная, скидка на основе обязательств | Почасовая, помесячная, годовая предоплата со скидкой |

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ

## 2.1. Формирование набора ВМ для развертывания

Так как кластер имеет 3 ноды и политику отказоустойчивости N+1, общие требования для прикладного ПО на ЦП, ОЗУ и Сеть в ВМ будут делиться на 2 (но всё ещё должны быть больше минимальных требований для работы ПО). Исключение составит СlickHouse и ClickHouse Keeper: в связи с особенностями развёртывания, для ClickHouse будет взято 2/3 общих требований (из-за шардирования), а для Keeper в полном объёме.

Суммарные требования к ПО взяты из пункта 1.3.

Итоговые требования для виртуальных машин (расположенных во внешнем контурк) представлены в таблицах 2.1 – 2.5.

*Таблица 2.1. Перечень ПО и системных требований для ВМ «MinIO ВМ»*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **Тип**  **ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Debian 13 | Системное | 1 ГГц  1 ядро | 1 ГБ | 10 ГБ | - | - |
| MinIO | Прикладное | 2.5 ГГц  5 ядер | 17 ГБ | 100 ГБ | 5 Гбит/с | - |
| **Итого:** | - | 2.5 ГГц  6 ядер | 18 ГБ | 110 ГБ | 5 Гбит/с | - |

*Таблица 2.2. Перечень ПО и системных требований для ВМ «ClickHouse ВМ»*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **Тип**  **ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Debian 13 | Системное | 1 ГГц  1 ядро | 1 ГБ | 10 ГБ | - | - |
| ClickHouse | Прикладное | 2.5 ГГц  12 ядер | 23 ГБ | 50 ГБ | 8 Гбит/с | - |
| ClickHouse Keeper | Прикладное | 2.5 ГГц  2 ядра | 4 ГБ | 50 ГБ | 1 Гбит/с | - |
| **Итого:** | - | 2.5 ГГц  15 ядер | 28 ГБ | 110 ГБ | 9 Гбит/с | - |

*Таблица 2.3. Перечень ПО и системных требований для ВМ «AS Master ВМ»*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **Тип**  **ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Debian 13 | Системное | 1 ГГц  1 ядро | 1 ГБ | 10 ГБ | - | - |
| Apache Spark (Master) | Прикладное | 2.5 ГГц  5 ядер | 17 ГБ | 50 ГБ | 5 Гбит/с | - |
| **Итого:** | - | 2.5 ГГц  6 ядер | 18 ГБ | 60 ГБ | 5 Гбит/с | - |

*Таблица 2.4. Перечень ПО и системных требований для ВМ «AS Worker ВМ»*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **Тип**  **ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Debian 13 | Системное | 1 ГГц  1 ядро | 1 ГБ | 10 ГБ | - | - |
| Apache Spark (Worker) | Прикладное | 2.5 ГГц  9 ядер | 34 ГБ | 100 ГБ | 5 Гбит/с | - |
| **Итого:** | - | 2.5 ГГц  10 ядер | 35 ГБ | 110 ГБ | 5 Гбит/с | - |

*Таблица 2.5. Перечень ПО и системных требований для ВМ «Nginx ВМ»*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **Тип**  **ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Debian 13 | Системное | 1 ГГц  1 ядро | 1 ГБ | 10 ГБ | - | - |
| NGINX | Прикладное | 2.5 ГГц  2 ядра | 4 ГБ | 100 ГБ | 1 Гбит/с | - |
| **Итого:** | - | 2.5 ГГц  3 ядер | 5 ГБ | 110 ГБ | 1 Гбит/с | - |

Также приведём расчёт для ПО, расположенного во внутреннем контуре компании. В отличие от внешнего контура, вместо полноценных ВМ будут использоваться Docker-контейнеры для развёртывания приложений (поэтому выделенной ОС не потребуется).

*Таблица 2.6. Перечень ПО и системных требований для контейнера «Postgres-Container»*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **Тип**  **ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Postgres | Прикладное | 2.5 ГГц  23 ядер | 64 ГБ | 350 ГБ | 1 Гбит/с | - |
| **Итого:** | - | 2.5 ГГц  23 ядер | 64 ГБ | 350 ГБ | 1 Гбит/с | - |

## 2.2. Выбор системы виртуализации

В качестве вариантов систем виртуализации будут рассмотрены Proxmox VE и OpenStack. В таблице 2.7 представлена их сравнительные характеристики.

*Таблица 2.7 – Перечень характеристик ПО часть 1*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование ПО | Функциональные возможности | Способы развертывания | Лицензия | Поддержка | ОС |
| Proxmox VE | Комплексная платформа виртуализации (KVM) и контейнеризации (LXC), веб-интерфейс, кластеризация, встроенный бэкенд хранилищ, сетевые модели | On-premise (локально) | OpenSource (AGPLv3). Есть коммерческая подписка | Активное сообщество, коммерческая поддержка от Proxmox Server Solutions GmbH | Linux |
| OpenStack | Полнофункциональная облачная платформа (compute, block, object, networking) | On-premise (официальные Ansible/Kolla), Cloud (SaaS) | OpenSource (Apache 2.0) | Сообщество, коммерческая от Red Hat, Canonical | Linux |

Выбираем Proxmox VE.

## 2.3. Требования к вычислительной инфраструктуре

### 2.3.1. Количество вычислительных узлов и их характеристики

Системные требования к ноде представлены в таблице 2.5.

*Таблица 2.8. Системные требования для узлов «Production Node»*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Proxmox VE | 2.5 ГГц  5 ядер  поддержка Intel VT-x / AMD-V | 9 ГБ | 100 ГБ | 0.5 Гбит/с | - |
| Nginx ВМ | 2.5 ГГц  3 ядер | 5 ГБ | 110 ГБ | 1 Гбит/с | - |
| MinIO ВМ | 2.5 ГГц  6 ядер | 18 ГБ | 110 ГБ | 5 Гбит/с | - |
| ClickHouse ВМ | 2.5 ГГц  15 ядер | 28 ГБ | 110 ГБ | 9 Гбит/с | - |
| AS Master ВМ | 2.5 ГГц  6 ядер | 18 ГБ | 60 ГБ | 5 Гбит/с | - |
| AS Worker ВМ | 2.5 ГГц  10 ядер | 35 ГБ | 110 ГБ | 5 Гбит/с | - |
| **Итого:** | 46 ядер  2.5 ГГц | 113 ГБ | 600 ГБ | 25.5 Гбит/с | - |

Составим схему распределения ВМ по узлам вычислительного кластера.

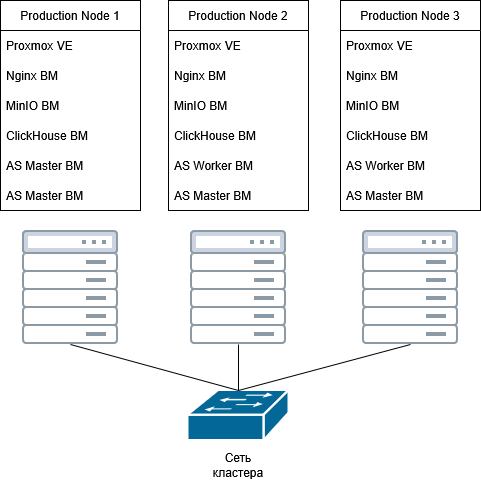


Рисунок 2.1. Схема распределения ВМ по узлам кластера

Также рассмотрим требования для узлов «Inner Node».

*Таблица 2.9. Системные требования для узлов «Inner Node»*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Proxmox VE | 2.5 ГГц  9 ядер  поддержка Intel VT-x / AMD-V | 17 ГБ | 100 ГБ | 1 Гбит/с | - |
| Docker-engine | - | - | 1 ГБ | - | - |
| Ansible | 2 ГГц  1 ядро | 2 ГБ | 20 ГБ | - | - |
| Posdgres-container | 2.5 ГГц  23 ядер | 64 ГБ | 350 ГБ | 1 Гбит/с | - |
| **Итого:** | 2.5 ГГц  33 ядер | 83 ГБ | 471 ГБ | 2 Гбит/с | - |

### 2.3.2 Требования к узлу мониторинга

На данном сервере будут развёрнуты следующие ПО: Debian 13, Grafana и Prometheus.

*Таблица 2.10. Системные требования к серверу мониторинга*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименова-**  **ние ПО** | **ЦП** | **ОЗУ** | **Диск** | **Сеть** | **ГП** |
| Debian 13 | 1 ГГц  1 ядро | 1 ГБ | 10 ГБ | - | - |
| Docker Engine | - | - | 1 ГБ | - | - |
| Grafana | 2 ГГц  1 ядро | 4 ГБ | 20 ГБ | - | - |
| Prometheus Server | 2 ГГц  2 ядра | 8 ГБ | 200 ГБ | - | - |
| **Итого:** | 2 ГГц  4 ядра | 13 ГБ | 231 ГБ | - | - |

## 2.4. Требования по хранению данных вычислительный инфраструктуры

### 2.4.1. Требования к хранению данных виртуальных машин и контейнеров

*Таблица 2.11. Требуемый объем хранилища (внешний контур)*

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование ВМ** | **Объём данных (суммарный)** |
| MinIO ВМ | 6000 ГБ |
| ClickHouse ВМ | 2000 ГБ |
| AS Master ВМ | - |
| AS Worker ВМ | 615 ГБ |
| **Итого:** | 8615 ГБ |

Теперь рассмотрим СХД внутреннего контура.

*Таблица 2.12. Требуемый объем хранилища (внутренний контур)*

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование** | **Объём данных (суммарный)** |
| Postgres-container | 582 ГБ |
| **Итого:** | 582 ГБ |

Для всех вышеперечисленных приложений диски будут предоставляться по ISCSI.

### 2.4.2. Требования к хранению вспомогательных данных инфраструктуры

Расчет требуемого объема диска для резервных копий будет производится по следующей формуле: ,

Итог: .

Исходя из официальной документации можно произвести расчёт примерного объёма хранилища для ISO образов, cloud-init образов и прочих файлов – не более 100 ГБ.

*Таблица 2.13. Требуемый объем хранилища вспомогательных данных*

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид данных** | **Объём данных** |
| Резервные копии | 30.5 ТБ |
| ISO образы, cloud-init образы и т.д. | 100 ГБ |

Вспомогательные данные будут помещаться в NFS хранилище.

## 2.5. Требования к сетевой инфраструктуре

### 2.5.1. Сеть вычислительного кластера

Трафик приложений – будет достаточно 2-х провайдеров по 25 Гбит/с.

Трафик взаимодействия вычислительных узлов кластера будет принимать на себя следующие нагрузки:

*Таблица 2.14. Описание трафика взаимодействия вычислительных узлов*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название подсети** | **Функционал** | **Средняя нагрузка** | **Пиковая нагрузка** |
| Кластерная | Поддержание работы кластера, миграции ВМ, внутренний мониторинг | ~ 1 Мбит/с | до 7 Гбит/с |
| MinIO | Согласование экземпляров MinIO | < 100 Мбит/c | до 100 Мбит/c |
| Spark | Связь между Master и Worker | < 100 Мбит/c | до 100 Мбит/с |
| ClickHouse | Связь между Keeper и экземплярами | < 50 Мбит/c | до 50 Мбит/c |
| MinIO-Spark | Передача данных от MinIO в Spark | 270 Мбит/с | до 1 Гбит/c |
| Spark-ClickHouse | Передача данных от Spark в Clickhouse | 270 Мбит/с | - |

В данном случае предполагается использовать кабель Ethernet на 10 Гбит/с для соединения нод.

Трафик хранилищ – нагрузка на 1 кабель будет составлять около 5 Гбит/с.

Сетью управления – все потребности этого канала покрываются 1 Гбит/с.

Для внутреннего контура – 5 Гбит/с на внешнюю сеть, 5 Гбит/с для работы с СХД. Для кластерной подсети, с расчётом на рост нагрузки от приложений также заложим 5 Гбит/с. Для управляющей подсети – 1 Гбит/с.

## 2.6. Описание оборудования

### Серверное оборудование

На основе сформированных в пункте 2.3 требований, при помощи отрытого конфигуратора серверного оборудования [2], было подобранно следующее оборудование.

*Таблица 2.15. Характеристики серверного оборудования*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | **Характеристики ЦП** | **Объем и характеристики ОЗУ** | **Диски** | **Характеристики сетевой карты** | **Количество** |
| Сервер СS-208650N 2x Xeon Scalable Gen4/Gen5 2SG5-2U8-NVMe | 2x Intel Xeon Gold 6542Y (2.9 - 4.1GHz, 24 ядра/48 потоков, 60Mb) | (16 слотов) 8x Модуль памяти 16GB ECC 5600MHz DDR5 Reg, Enterprise series | 2x SSD 960GB Samsung PM1653 Enterprise, SAS 24Gb/s, R4200/W1200Mb/s, TLC, (1 DWPD), 1752 TBW  (+ поддержка горячей замены) | 2-х портовый 25GbE, PCI-E адаптер Ethernet (SFP28), чип Intel E810  +  2-х портовый 10/100/1000/10000 Мбит/сек, PCI-E адаптер Ethernet (RJ-45), чип Intel X540  +  2x 10 GbE и  2x 1 GbE на материнской плате | 3 |
| Сервер СS-208650 2x Xeon Scalable Gen4/Gen5 2SG5-2U83HR-NR | Intel Xeon Gold 6542Y (2.9 - 4.1GHz, 24 ядра/48 потоков, 60Mb) | (16 слотов)  6x Модуль памяти 16GB ECC 5600MHz DDR5 Reg, Enterprise series | 2x SSD 960GB Samsung PM1653 Enterprise, SAS 24Gb/s, R4200/W1200Mb/s, TLC, (1 DWPD), 1752 TBW  (+ поддержка горячей замены) | 2-х портовый 10/100/1000/10000 Мбит/сек, PCI-E адаптер Ethernet (RJ-45), чип Intel X540  +  2x 10 GbE и  2x 1 GbE на материнской плате | 3 |
| Сервер CS-104650N 1x Xeon Scalable Gen2 1SG2-1U650R-NVMe | Intel Xeon Silver 4210 (2.2 - 3.2GHz, 10 ядер /20 потоков, 13.75Mb) | Модуль памяти 16GB ECC 3200MHz DDR4 Reg, Enterprise series | SSD 960GB Samsung PM1653 Enterprise, SAS 24Gb/s, R4200/W1200Mb/s, TLC, (1 DWPD), 1752 TBW | 2x 1 GbE на материнской плате | 1 |

### Сетевое оборудование

На основе сформированных в пункте 2.5.1 требований, при помощи отрытого каталога сетевого оборудования [3][4][5], было подобранно следующее оборудование.

*Таблица 2.16. Характеристики сетевого оборудования*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | **Тип устройства** | **Описание портов** | **Пропускная способность** | **Колличество** |
| ESR-3350 | Сервисный маршрутизатор | 8x1G Combo,  4x25G SFP28 | FW - 106 Гбит/с, IPsec VPN - 23,6 Гбит/с,  IPS/IDS - 12,2 Гбит/с | 2 |
| ESR-1500 | Сервисный маршрутизатор | 4x1G Combo, 4x1G, 4x10G SFP+, 1xOOB | FW - 9,28 Гбит/c, IPsec VPN - 2,56 Гбит/с, IPS/IDS - 837 Мбит/с | 1 |
| MES5320-24 | Коммутатор ЦОД (Layer 3) | 24х25G SFP28, 2х100G QSFP28, 1xOOB | 1,6 Тбит/с | 2 |
| MES5448 | Коммутатор агрегации 10G/40G (Layer 3) | 48x10G SFP+, 4x40G QSFP+, 1xООВ | 1,28 Тбит/с | 6 |
| MES3300-24 | Коммутатор агрегации (Layer 3) | 24x1G,  4x10G SFP+, 1xOOB | 128 Гбит/c | 2 |

Ниже, на рисунке 2.2, представлена топология сети кластера.

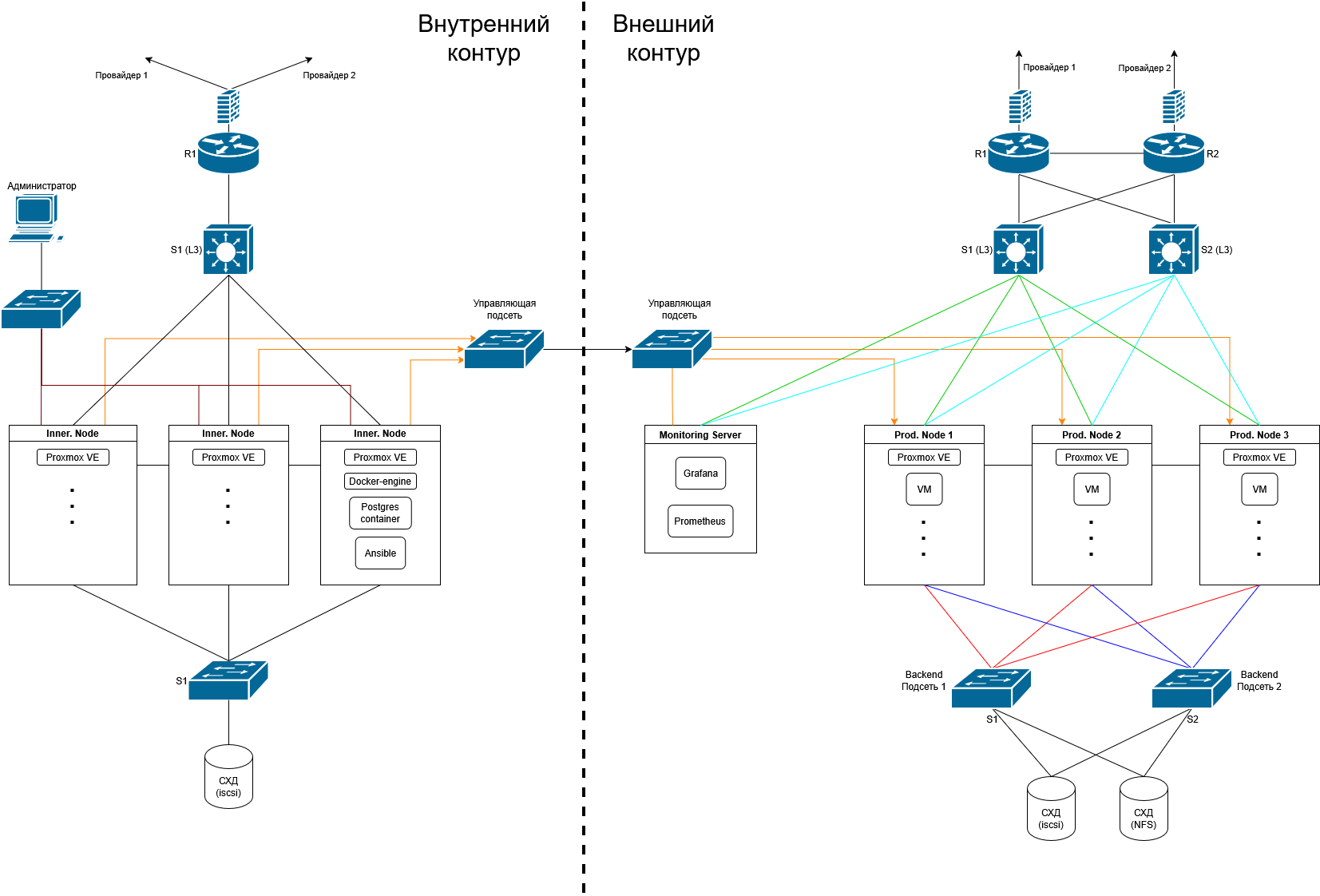


Рисунок 2.2. Топология сети кластера

# Реализация

## 3.1 Развертывание среды виртуализации

В процессе реализации были развернуты 6 ВМ с Proxmox, были собраны 2 кластера: 1 кластер для внутреннего контура и 1 кластер для внутреннего контура.

ВМ внешнего контура, на которых установлен Proxmox, представлены на рисунках 3.1.1–3.1.3. Кластер внешнего контура представлен на рисунке 3.1.4.

ВМ внутреннего контура, на которых установлен Proxmox, представлены на рисунках 3.1.5–3.1.7. Кластер внутреннего контура представлен на рисунке 3.1.8.

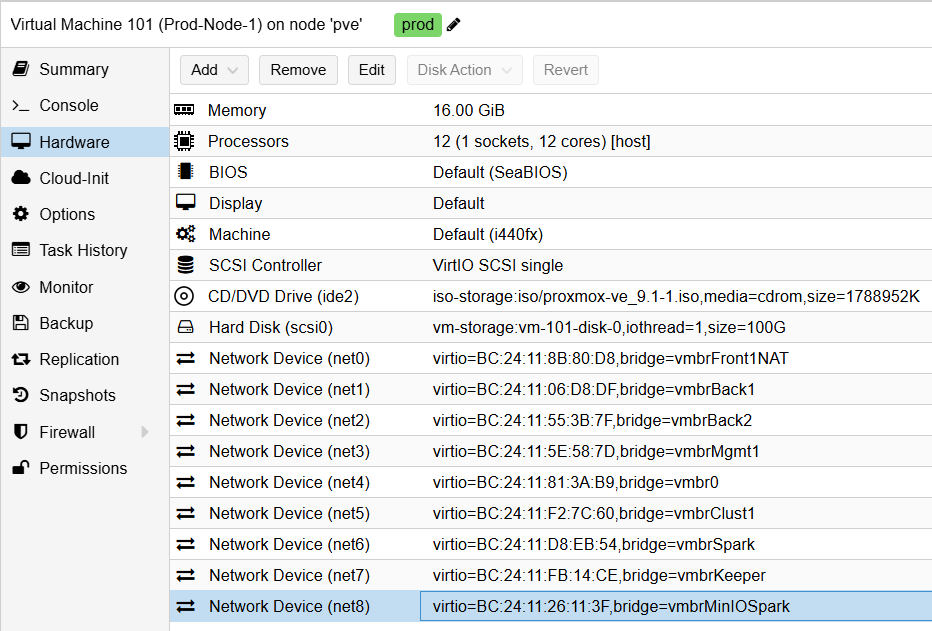


Рисунок 3.1.1. Первая ВМ во внешнем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1.2. Вторая ВМ во внешнем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1.3. Третья ВМ во внешнем кластере

Изображение выглядит как текст, линия, число, снимок экрана

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1.4. Кластер внешнего контура

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1.5. Первая ВМ во внутреннем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1.6. Вторая ВМ во внутреннем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1.7. Третья ВМ во внутреннем кластере

Изображение выглядит как текст, линия, Шрифт, число

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.1.8. Кластер внутреннего контура

## 3.2 Сетевая топология

В соответствии с этапом проектирования были использованы следующие подсети, представленные в таблице 3.1

Таблица 3.1 — Подсети

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IP-адрес сети/Маска | Адрес шлюза | Количество используемых адресов | Описание сети |
| 192.168.11.0/24 | - | 5 | Первая Backend сеть, служит для связи схд и вычислительного кластера |
| 192.168.12.0/24 | - | 5 | Вторая Backend сеть, служит для связи схд и вычислительного кластера |
| 192.168.254.0/24 | - | 3 | Кластерная сеть, служит для синхронизации node, миграции ВМ |
| 192.168.1.0/24 | - | 6 | Frontend сеть, служит для выхода в интернет, подвергается преобразованию с помощью NAT |
| 192.168.253.0/24 | - | 1 | Сеть Clickhouse Keeper, служит для связи сервисов Clickhouse Keeper и Clickhouse Server, по ней протекают данные синхронизации Clickhouse Server |
| 192.168.255.0/24 | - | 6 | Management сеть, служит для управления кластером |
| 192.168.251.0/24 | - | 3 | Сеть сервисов MinIO и Spark, служит для доступа пользовательских bucket для обработки в Spark |
| 192.168.200.0/24 | - | 2 | Сеть Spark, служит для обмена данными между Spark Master и Spark Servers |
| 192.168.252.0/24 | - | 3 | Сеть администрирования Inner nodes, через эту сеть администраторы получают доступ к Inner nodes |
| 192.168.111.0/24 | - | 2 | Backend сеть, служит для связи схд и вычислительного кластера |
| 192.168.244.0/24 | - | 3 | Кластерная сеть, служит для синхронизации node, миграции ВМ |
| 192.168.101.0/24 | - | 4 | Frontend сеть, служит для выхода в интернет, подвергается преобразованию с помощью NAT |

На рисунке 3.2.1 приставлены все подсети.

На рисунках 3.2.2–3.2.1 представлены подключенные в ноды подсети.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.2.1. Подсети

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Параллельный

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.2.2. Подсети первой ВМ во внешнем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Параллельный

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.2.3. Подсети второй ВМ во внешнем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Параллельный

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.2.4. Подсети третьей ВМ во внешнем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.2.5. Подсети первой ВМ во внутреннем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.2.6. Подсети второй ВМ во внутреннем кластере

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.2.7. Подсети третьей ВМ во внутреннем кластере

Создание vlan, которые будут работать на нескольких хостах, требует включение для интерфейсов возможность пропускать трафик с любым тегом, по умолчанию 1. Это действие невозможно выполнить через WEBUI Proxmox поэтому было применено дробление подсетей для изоляции данных приложений.

## 3.3 Система хранения данных

Для хранения данных виртуальных машин была развёрнута виртуальная машина на основе решения TrueNAS Scale. На рисунке 3.3.1 представлены параметры ВМ TrueNAS Scale. На рисунке 3.3.3 представлены параметры созданных хранилищ на стороне TrueNAS, на рисунке 3.3.4 параметры Share, конфигурации NFS и iscsi представлены на рисунках 3.3.5–3.3.7, параметры подключенных хранилищ к кластеру виртуализации с указанием типов хранящейся информации представлены на рисунке 3.3.8.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.1. Параметры ВМ TrueNAS во внешнем контуре

Изображение выглядит как снимок экрана, текст, Мультимедийное программное обеспечение, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.2. Хранилище

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.3. Настройки хранилища в TrueNAS

Изображение выглядит как текст, Мультимедийное программное обеспечение, программное обеспечение, снимок экрана

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.4. Настройки Share

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.5 Настройки ISCSI для MinIO

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.6. Настройки ISCSI для Spark

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.7. Настройки nfs

Изображение выглядит как текст, программное обеспечение, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.3.8. Подключение хранилища для backup

## 3.4 Подготовка шаблонов виртуальных машин для развертывания

В ВМ прописаны статические маршруты, поэтому cloud init недостаточно для создания полнофункционального шаблона ВМ, поэтому будет использоваться ВМ в качестве шаблона. Параметра шаблона ВМ без cloud init представлены на рисунке 3.4.1–3.4.2.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.4.1. Параметры шаблона ВМ

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.4.2. Параметры запуска ВМ

В шаблон ВМ были установлены последние обновления, настроена статическая сетевая конфигурация со статическими путями, установлен qemu guest agent, добавлен публичный ssh ключ.

При развертывании на реальном оборудовании настройка статического маршрута может не входить в шаблон тогда стоит использовать cloud init образ системы.

Параметра шаблона ВМ с cloud init представлены на рисунке 3.4.1–3.4.2.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.4.3. Параметры шаблона ВМ с cloud init

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.4.4. Параметры cloud init шаблона ВМ

## 3.5 Развертывание сервисов организации

MinIO был скачан с официального репозитория и установлен.

Параметры запуска MinIO S3 представлено на рисунках 3.5.2–3.5.3.

Запущенный сервис MinIO представлен на рисунке 3.5.4.

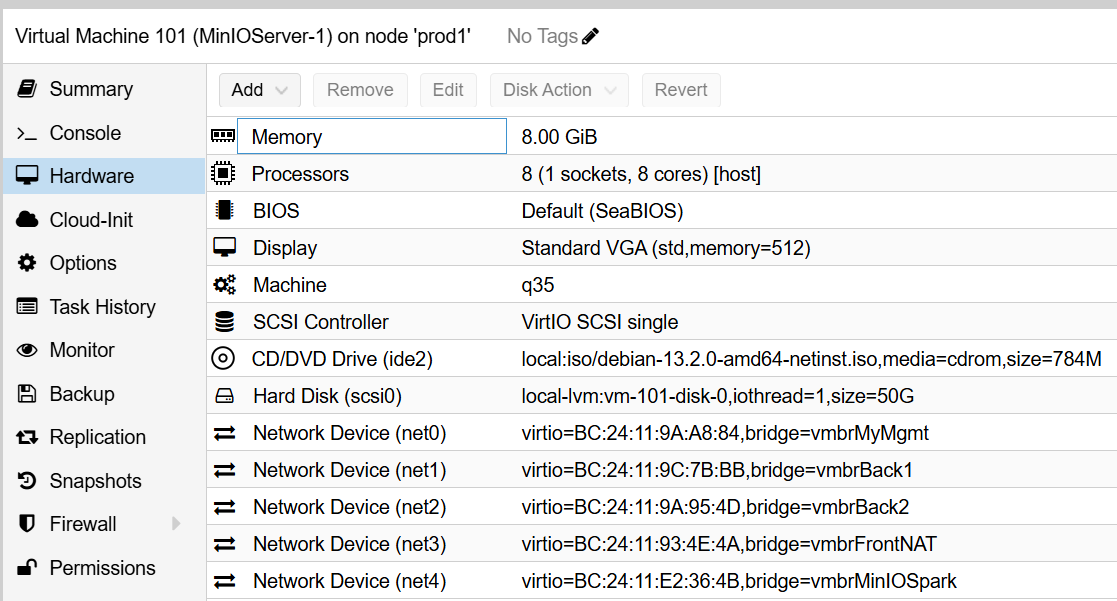


Рисунок 3.5.1. Настройки ВМ MinIO

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.2. Настройки сети ВМ с MinIO

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.3. Настройки конфигурации MinIO

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.4. Запущенный сервис MinIO

MinIO хранит большое количество данных поэтому было подключено внешнее хранилище из СХД. Подключение диска представлено на рисунках 3.5.7–3.5.8

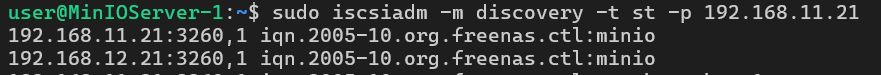


Рисунок 3.5.5. Подключенный ISCSI диск

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, белый

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.6. Автоматические подключение ISCSI диска

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.7. Автоматические монтирование ФС с ISCSI диска

Изображение выглядит как снимок экрана, текст, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.8. Запущенный MinIO

Была создана ВМ для Spark Master. Установка и настройка Spark Master представлена на рисунках 3.5.10 –3.5.11.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.9. ВМ Spark Master

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.10. Параметры сети Spark Master

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Веб-сайт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.11. Systemd service Spark Master

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.12. Конфигурация Spark Master

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.13. Запущенный Spark Master

Была создана ВМ для Spark Worker. Установка и настройка Spark Worker представлена на рисунках 3.5.15–3.5.18.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.14 Настройки ВМ Spark Worker

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.15. Конфигурация сети

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Веб-сайт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.16. Systemd service Spark Worker

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.17. Статические хосты Spark Worker

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.18. Конфигурация Spark Worker

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Значок на компьютере

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.19. Работающий сервис Spark

Была создана ВМ для Clickhouse. Установка и настройка Clickhouse представлена на рисунках 3.5.21–3.5.26.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, число, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.20. Настройки ВМ Clickhouse

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.21. Конфигурация сети Clickhouse

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.22. Статические хосты Clickhouse

Изображение выглядит как текст, электроника, снимок экрана, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.23. Конфигурация Clickhouse Keeper

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.24. Запущенный Clickhouse Keeper

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.25. Конфигурация Clickhouse Keeper

Изображение выглядит как текст, электроника, снимок экрана, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.26. Конфигурация пользователя Clickhouse Keeper

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.27. Запущенный Clickhouse Server

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.5.28. Проверка работоспособности Clickhouse

## 3.6 Настройка отказоустойчивости и резервного копирования

Каждые 3 дня будет производиться резервное копирование всех ВМ. Сохраняются 10 последних копий. Итоговое расписание бекапов представлено на рисунке 3.6.1.

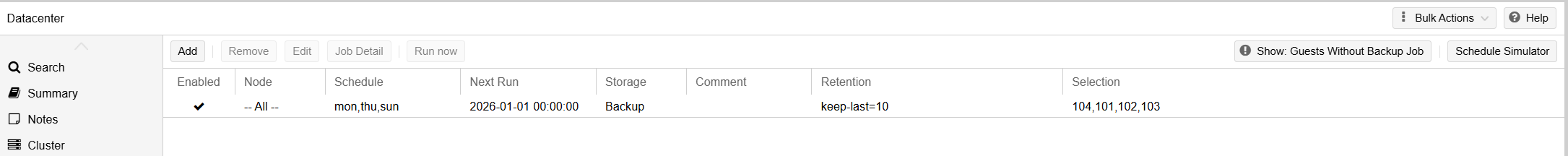


Рисунок 3.6.1. Расписание создания бекапов

## 3.7 Развертывание системы мониторинга

Для экспорта статистики Proxmox в Prometheus будет использован pve exporter. pve exporter был скачан с официального репозитория и установлен на все ноды внешнего контура.

Для pve exporter была создана группа и пользователь. Это действие было проделано единожды, так как ноды объединены в кластер. Это представлено на рисунке 3.7.1.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.1. Создание группы и пользователя

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, меню, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.2. Установка pve exporter

В соответствии с этапом проектирования установка и конфигурация Prometheus представлена на рисунках 3.7.3–3.7.5.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.3. Конфигурация сети Prometheus

Изображение выглядит как текст, Шрифт, программное обеспечение, снимок экрана

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.4. Systemd service Prometheus

****

Рисунок 3.7.5. Создание пользователя для Prometheus

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.6. Запущенный Prometheus

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Значок на компьютере

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.7. Работающий сервис Prometheus

Grafana была установлена как пакет. Изменение параметров Grafana не стребуется. Запущенный сервис Grafana представлен на рисунке 3.7.7.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.8. Запущенный сервис

Для кластера Proxmox был выбран dashboard под номером 10347.

Изображение выглядит как текст, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение, Значок на компьютере

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.9. Выбор dashboard-а

Изображение выглядит как снимок экрана, текст, программное обеспечение, Мультимедийное программное обеспечение

Содержимое, созданное искусственным интеллектом, может быть неверным.

Рисунок 3.7.10. Запущенная Grafana с Prometheus

# Заключение

В ходе выполнения курсовой работы был выполнен комплексный проект виртуальной вычислительной инфраструктуры для компании-провайдера облачных решений, ориентированной на хранение и обработку больших данных. Работа последовательно охватывала три ключевых этапа жизненного цикла создания ИТ-системы: планирование, проектирование и реализацию.

В процессе реализации развернуты и настроены ключевые сервисы, включая MinIO, Apache Spark, ClickHouse, систему резервного копирования и мониторинга на базе Prometheus и Grafana. Проведена настройка сетевой топологии, хранения данных и автоматизации развертывания.

Разработанная инфраструктура соответствует предъявленным требованиям по производительности, масштабируемости и отказоустойчивости и может быть использована в качестве основы для дальнейшего развития облачных сервисов компании.

# СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных: сайт. – URL: <https://reestr.digital.gov.ru/> (дата обращения: 15.12.2025). – Текст: электронный.
2. Конфигуратор серверов SUPERMICRO. Купить сервер: сайт. – URL: <https://compserver-configurator.ru> (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
3. СЕРВЕР МОЛЛ: Инфраструктурные IT-решения 💼: сайт. – URL: https://servermall.ru (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
4. HW-Trade оборудование Huawei для сетей и вашего бизнеса: сайт. – URL: https://hw-trade.ru (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
5. Eltex – Официальный сайт производителя | телекоммуникационные решения от Элтекс: сайт. – URL: https://eltex-co.ru (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
6. ClickHouse – ClickHouse Docs | ClickHouse Docs. – URL: https://clickhouse.com/docs (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
7. Docker Inc – Docker Compose | Docker Docs. – URL: https://docs.docker.com/compose/ (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
8. iXsystems, Inc –– TrueNAS Documentation Hub URL: https://www.truenas.com/docs/ (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
9. Prometheus Authors– Prometheus docs – URL: https://prometheus.io/docs/introduction/overview/ (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
10. NGINX Documentation: https://docs.nginx.com/nginx-instance-manager/fundamentals/tech-specs/#:~:text=At%20a%20minimum%2C%208gb%20Memory,under%2020%20NGINX%20Plus%20instances). (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
11. Компания Postgres Professional: сайт. – URL: https://postgrespro.ru/docs/ppem/current/ppem-hardware-and-software-requirements (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
12. Proxmox VE Documentation Index: https://pve.proxmox.com/pve-docs/ (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
13. AIStor Object Store Documentation: сайт. – URL: https://docs.min.io/enterprise/aistor-object-store/ (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.
14. Overview - Spark 4.1.0 Documentation: сайт. – URL: https://spark.apache.org/docs/latest/ (дата обращения: 22.12.2025). – Текст: электронный.